

Reinhold Bauer

---

## Von Wasserwerfern und Mikrowellen Überlegungen zu einer Typologie innovatorischen Scheiterns

Scheitern – nicht Erfolg – ist der Regelfall. Schon Untersuchungen für die 1960er Jahre haben gezeigt, dass selbst in großen Unternehmen mit leistungsfähigen Forschungs- und Entwicklungsabteilungen etwa 85 Prozent der Entwicklungszeit auf Produkte verwendet wurde, die nie am Markt Erfolg hatten (Robertson 1969: 3). Trotzdem avancierte der Prozess des Scheiterns bis heute nur selten zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Gerade die Analyse von Fehlschlägen kann jedoch wichtige Einblicke in die „Anatomie des Scheiterns“ vermitteln und zudem die außertechnischen und außerwirtschaftlichen Einflüsse auf den Innovationsprozess – d.h. soziale, politische sowie kulturelle Faktoren – oftmals deutlicher zeigen, als es die Untersuchung erfolgreicher Entwicklungen vermag.

Ohne Zweifel ist „Innovation“ heute ein in den Medien wie in der Politik allgegenwärtiger Modebegriff: Innovationen erscheinen als Schlüssel zu Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum, ja als Allheilmittel auf dem Weg aus der Krise. Trotz oder gerade wegen seiner Omnipräsenz scheint dabei aber eine Definition des Innovationsbegriffs unglücklicherweise meist ebenso unnötig wie seine Problematisierung. Es bleibt in der Regel bei der eher vagen Ahnung, dass Innovation irgendetwas mit Neuerung, mit Veränderung im Sinne einer Verbesserung zu tun hat. Selbstverständlich bedeutet Innovation dabei stets Fortschritt und Erfolg. Weder aufsehenerregende Fehlschläge in der Vergangenheit, sei es das Riesenwindrad „Growian“ oder der nie fertiggestellte „Schnelle Brüter“, noch spektakuläre aktuelle Fälle, etwa der erst jüngst gescheiterte Frachtzeppelin „Cargolifter“, vermochten diese grundsätzlich positive Konnotation des Innovationsbegriffs ernsthaft zu gefährden. Kurz gesagt: Innovation wird in der Regel nicht klar definiert und zudem unbesehen mit wirtschaftlichem Erfolg gleichgesetzt.

Unter einer Innovation sei hier die erstmalige wirtschaftliche Verwertung einer neuen Problemlösung verstanden. Dabei kann es sich sowohl um eine Prozessinnovation handeln – also um eine Veränderung in der Art und Weise, wie ein gegebenes Produkt hergestellt wird – wie auch um eine Produktinnovation – also um eine Veränderung am hergestellten Produkt selbst. Innovationen

zeichnen sich durch praktische Verwendung bzw. wirtschaftliche Verwertung aus. Erst durch diesen Verwertungsaspekt wird aus einer *Erfindung* tatsächlich eine *Innovation* (Bauer 2006: 12f).

Erfolgreich ist eine solche wirtschaftliche Verwertung definitionsgemäß dann, wenn es grundsätzlich gelingt, durch die Vermarktung der neuen Problemlösung die entstandenen Entwicklungs- bzw. Innovationskosten mindestens wieder zu erwirtschaften. Bei einer fehlgeschlagenen Innovation misslingt hingegen die wirtschaftliche Verwertung in diesem Sinne. Das entscheidende Kriterium ist hier also der kommerzielle Erfolg oder Misserfolg einer Neuerung: Bei fehlgeschlagenen Innovationen gelingt es innerhalb der gegebenen Produktions- bzw. Verwendungszeit nicht, Einnahmen zu erreichen, die einen Rückfluss der insgesamt investierten Innovationsaufwendungen sicherstellen oder innerhalb eines für den Produzenten bzw. Anwender wirtschaftlich akzeptablen Zeitraums erwarten lassen. Um eine Innovation als „erfolgreich“ einordnen zu können, genügt es schon, dass sie kommerziell vorübergehend oder auch nur innerhalb einer kleinen Marktnische erfolgreich *genug* war, um einen Rückfluss der Innovationsaufwendungen zu ermöglichen (Bauer 2003: 203; Bauer 2006: 12ff).

Der hier in den Vordergrund gestellte Verwertungsaspekt verdeutlicht auch, dass es nicht um eine Auseinandersetzung mit phantastischen oder utopischen Maschinen und Projekten gehen kann: Nicht von Erdsehnbahnen mit Raketenantrieb, rollenden Bürgersteigen, reaktorgetriebenen Kleinwagen oder vom *Perpetuum Mobile* soll hier die Rede sein. Gescheiterte Innovationen beruhen vielmehr auf Erfindungen, die grundsätzlich funktionierten und im Vergleich zur existierenden Technologie auch Vorteile boten, die sich aber eben dennoch nicht haben durchsetzen können. Kurz gesagt: Ein notwendiges Merkmal der gescheiterten Innovation ist, dass sie es bis in die Wirklichkeit geschafft hat, ein zweites, dass sie diese wieder verlassen hat, ohne das investierte Kapital hereinzuspielen.

An dieser Stelle ist zweierlei anzumerken: 1. Bei dieser Definition soll es nicht darum gehen, die unumstrittene Relativität der Begriffe „Erfolg“ und „Misserfolg“ in Frage zu stellen. Natürlich ist es so, dass mitunter ein und dieselbe Neuerung unter bestimmten Aspekten als Erfolg, unter anderen hingegen als eklatanter Misserfolg gedeutet werden kann. Bei der Definition und Diagnose von „Erfolg“ respektive „Scheitern“ wenden unterschiedliche Gruppen sehr unterschiedliche Kriterien an (Braun 1992: 216; Gooday 1998: 280). Die Diskussion um die Kernenergie kann hier gleichsam als Paradebeispiel für dieses Phänomen gelten. Grundsätzlich ist eine Einigung darüber, welche Technologien als „gescheitert“ oder eben als „erfolgreich“ angesehen werden können, immer nur innerhalb einer mehr oder minder großen Gruppe möglich. Eine umfassende Objektivierung von „Erfolg“ und „Scheitern“ kann also auch mit der oben eingeführten Definition nicht gelingen, aber sie kann dazu dienen, die Kategorien für die Forschung operationalisierbar zu machen.

2. Bereits die verwendeten Begriffe unterstreichen, dass es sich um eine system-spezifische Definition innovatorischen Scheiterns handelt. Die Aussagekraft der vorgeschlagenen Kriterien ist an das kapitalistische Konkurrenzprinzip gebunden. Die eingeführte Definition stößt da an ihre Grenzen, wo der Markt vollständig oder überwiegend ausgeschaltet ist. Insbesondere durch staatliches Engagement kann ein weitgehend „marktfreier Raum“ entstehen, in dem Sonderbedingungen gelten (Bauer 2006: 14). Diese Einschränkung scheint schon deshalb gerechtfertigt, weil Aussagen über innovatorisches Scheitern ohnehin stets Aussagen von in mehrfacher Hinsicht „begrenzter Reichweite“ sind. Damit ist gemeint, dass der Umstand, dass die Einführung einer Neuerung zu einem bestimmten Zeitpunkt in einer bestimmten Region misslingt, keinesfalls ausschließt, dass dieselbe Technologie zu einem späteren Zeitpunkt oder in einem anderen Land – d.h. unter anderen Rahmenbedingungen – sehr erfolgreich sein kann. Auf diesen Gedanken wird noch zurückzukommen sein.

Die eingeführte Definition eröffnet jedenfalls ein außerordentlich breites Forschungsfeld. Es beheimatet etwa die Unterdruck-Eisenbahn des frühen 19. Jahrhunderts ebenso wie die Kabinenbahnsysteme der 1970er Jahre. Man stößt auf Exoten wie ein Plastikfahrrad mit dem eigentümlichen Namen „Itera“, auf Großprojekte wie den Hydrobergbau, der durch die Kohलगewinnung mit Wasserkanonen den bundesdeutschen Steinkohlenbergbau aus der Krise führen sollte, oder auch auf zeittypische, längst verschwundene Technologien wie die Kohlenstaub- oder die Dampfturbinen-Lokomotiven der 1920er und 30er Jahre (Braun 1992; Bauer 2006). In der Regel wurde die Existenz dieser „Flops“ über kurz oder lang von der Welt vergessen. Im Folgenden sollen anhand von einigen derartigen Projekten charakteristische Gründe für innovatorisches Scheitern aufgezeigt werden.

## Hydrobergbau

Beim erwähnten Hydrobergbau handelt es sich um ein auf Wasser als Abbau- und Transportmedium basierendes Steinkohlegewinnungs- und -förderungsverfahren (Bauer 2004; 2006: 151ff; Cramm 1997). Die Kohle wird dabei mit Hilfe eines Wasserwerfers vom Nebengestein gelöst, das entstehende Kohle-Wasser-Gemisch dann in Rohrleitungen durch das Bergwerk und schließlich an die Oberfläche gepumpt. Hydrobergbau galt in den frühen 1970er Jahren als hochproduktives, zudem sauberes, sicheres und vergleichsweise müheloses Verfahren. Zur Anwendung kam die hydromechanische Gewinnung in der Bundesrepublik erstmals ab Anfang der 1960er Jahre im Rahmen kleinerer Abbauersuche. Anfang der 1970er Jahre galt das Verfahren nach Abschluss zweier Großversuche als betriebsreif und wirtschaftlich einsetzbar. Was nun anstand, war die Einrichtung einer ersten „echten“ Hydrogrube: Die Wahl fiel dabei auf die Dortmunder Steinkohlenzeche Hansa.

Eigentlich war Anfang der 1970er Jahre beabsichtigt, diese Zeche bis Mitte des Jahrzehnts stillzulegen. Dann bewirkte jedoch die im Herbst 1973 beginnende erste Ölpreiskrise einen Sinneswandel. Anders als ursprünglich geplant, wurde die Schachtanlage nicht stillgelegt, sondern ab Januar 1974 auf Hydrobergbau umgerüstet. Im November 1977 konnte die Hydrogrube Hansa und damit die erste reine Hydrogrube in der Bundesrepublik in Betrieb genommen werden.

Die Ruhrkohle AG – die Ende der 1960er Jahre gegründete Einheitsgesellschaft zur Sanierung des Ruhrbergbaus – hoffte durch den Hydrobergbau zweierlei erreichen zu können: Zum einen wollte man mit Hilfe des vermeintlich hochproduktiven Hydroverfahrens den Ruhrbergbau wieder international konkurrenzfähig machen. Die unterstellte hohe Flexibilität des Verfahrens sollte dabei auch die Nutzung von Kohlenvorräten in schwierigen Lagerstätten, die bis dahin als nicht abbauwürdig galten, ermöglichen. Hydrobergbau schien damit Ende 1973 als das ideale Verfahren für eine rasche Erweiterung der bundesrepublikanischen Energiereserven.

Zum anderen sollte mit Hilfe des Hydroverfahrens das Image des Ruhrbergbaus insgesamt verändert werden. Trotz Vollmechanisierung hatte sich der Steinkohlenbergbau geradezu zum Gegenbild von Zukunftsfähigkeit und Hochtechnologie entwickelt. Hydrobergbau konnte demgegenüber als hochmodernes Gewinnungsverfahren präsentiert werden. Der neue Bergmann stand nicht mehr kohlenstaubverschmiert vorm Flöz, sondern saß in einem riesigen, hell erleuchteten Steuerstand unter Tage, der eher an die Leitwarte eines Atomkraftwerks als an ein Steinkohlenbergwerk erinnert.

Die tatsächlichen Abbauergebnisse des Hydrobergbaus fielen allerdings enttäuschend aus: Schon unmittelbar nach Inbetriebnahme der Hydrogrube Hansa erwies sich das Verfahren als – gelinde gesagt – wenig alltagstauglich. Die Abbauleistung der Wasserwerfer lag selbst bei guten Bedingungen deutlich unter den erwarteten Werten. Auf Hansa stand aber vielfach „zähfeste Kohle“ an, die sich durch eine hartgummiartige Konsistenz auszeichnete und damit allen hydromechanischen Gewinnungsversuchen hartnäckig widersetzte.

Um trotz der hohen Abbaukosten und der unbefriedigenden Einnahmen das Hydrobergbauprojekt weiterführen zu können, entschloss sich die Ruhrkohle AG schon Anfang 1978, die Hydrogrube zum „Forschungsgrößvorhaben“ zu machen. Wohlgemerkt: Ursprünglich galt das Verfahren als ausgereift, sollte die Grube von Anfang an schwarze Zahlen schreiben. Durch die Neuinterpretation als Forschungsprojekt war es nun aber möglich, die Grube vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) mitfinanzieren zu lassen. Das BMFT übernahm ab Mai 1978 50 Prozent des „Netto-Forschungsaufwands“, de facto war das schlicht die Hälfte des negativen Betriebsergebnisses auf Hansa. Die Förderung durch die öffentliche Hand sicherte vorerst den Weiterbetrieb der Hydrogrube, woran der Ruhrkohle AG nicht zuletzt mit Blick auf den tatsächlich erreichten Imagegewinn des Kohlenbergbaus gelegen war. Das Medienecho,

das auf die Eröffnung der Hydrogrube Hansa folgte, war in der ganzen Bundesrepublik zu hören gewesen. In der Presse war noch vom „Musterpütt“, von der „modernsten Schachtanlage Europas“, von „unterirdischen Maschinenhallen in gleißendem Neonlicht“, ja von der „Rettung des Ruhrbergbaus“ die Rede – während sich tatsächlich die Abbauprobleme auf Hansa bereits häuften.

Längerfristig aber war der Hydrobergbau auch durch staatliche Förderung nicht zu retten. Die bereits kurz nach der Inbetriebnahme auftretenden Probleme konnten trotz Forschungsförderung nicht einmal ansatzweise überwunden werden. Den Anfang vom Ende der Hydrogrube markierte schließlich eine Grubengasexplosion im März 1979, bei der acht Bergleute ums Leben kamen. Innerhalb der RAG-Führung bestand zunehmend Interesse daran, die Grube möglichst schnell stillzulegen. Ende November 1980 wurden Kohleabbau und -förderung auf Hansa schließlich endgültig eingestellt. Für den bundesrepublikanischen Steinkohlebergbau war das Kapitel Hydrobergbau damit beendet.

Die Gründe für das schnelle Ende des Hydrobergbaus liegen auf der Hand: Das Verfahren funktionierte einfach nicht gut genug, um Steinkohle wirtschaftlich abbauen zu können. Zudem hatten sich die Rahmenbedingungen bis 1980 dramatisch verändert: Die Ölpreiskrise 1973/74 hatte die deutsche Steinkohle zwar vorübergehend wieder konkurrenzfähig gemacht, schon 1975 folgte aber ein erneuter Absatz- und damit auch Preiseinbruch. Mit anderen Worten: Es gab keinen Bedarf mehr für Hydrokohle, schon gar nicht, wenn diese teurer als andere deutsche Kohle gewonnen würde.

Das zu erklärende Kernproblem liegt jedoch woanders: Wie kam es zu der eklatanten Diskrepanz zwischen den Eigenschaften, die dem Hydrobergbau 1973 zugesprochen wurden, und den Eigenschaften, die er ab 1977 auf Hansa tatsächlich zeigte? Warum zweifelte 1973 niemand an der Ausgereiftheit, Wirtschaftlichkeit und Zukunftsfähigkeit des Verfahrens, obwohl es sich wenig später als kompletter „Flop“ entpuppte?

Die dem Hydrobergbau ursprünglich zugeschriebenen Eigenschaften waren natürlich nicht frei erfunden, sondern fußten auf den vorangegangenen Betriebsversuchen. 1973 waren eben erst zwei Großversuche zuende gegangen, in deren Abschlussberichten sich die ganze Palette positiver Eigenschaften findet, die den Hydrobergbau vermeintlich kennzeichnete. Für beide Vorhaben wurde betont, dass sie trotz jeweils besonders ungünstiger Rahmenbedingungen die erwarteten Eigenschaften des Hydrobergbaus bestätigt hätten.

Nimmt man die Unterlagen zu diesen Versuchen aber genauer in den Blick, so zeigt sich, dass die Bedingungen zumindest in einem Fall de facto alles andere als schwierig waren. Die Erprobung des Verfahrens fand unter günstigen geologischen Verhältnissen statt. Die Abbauschwierigkeiten, die später auf Hansa auftraten, konnten sich also gar nicht zeigen. Über den anderen Fall hieß es, dass trotz sehr ungünstiger geologischer Bedingungen mit dem hydromechanischen Verfahren ein positives Betriebsergebnis erreicht worden sei. Tatsächlich

hatte man aber wegen einer unterdimensionierten Aufbereitungsanlage für Hydrokohle die Leistungsfähigkeit der Gewinnungsanlagen überhaupt nicht wirklich erproben können. Die im Abschlussbericht genannte Förderleistung wurde nie wirklich erreicht, sondern auf Basis kurzzeitiger Abbaubersuche nur annäherungsweise berechnet.

Die Vorversuche hatten bei näherer Betrachtung also keineswegs zu einer objektiv-technikwissenschaftlichen Klärung der Eigenschaften des Hydrobergbaus geführt. Die vermeintlich überprüften, sicheren und jederzeit reproduzierbaren Ergebnisse waren de facto auf der Basis von Modellen und Analogieschlüssen formulierte Thesen. Als vermeintlich „exakte wissenschaftliche Ergebnisse“ bildeten sie aber die Grundlage für die Planung des Vorhabens Hydrogrube Hansa.

Insgesamt erwies sich der Hydrobergbau auf Hansa als für die Mitarbeiter belastendes, dazu teures und extrem unflexibles Verfahren. Das Grubengasunglück von 1979 beendete dann im buchstäblichen Sinn schlagartig auch die Illusion vom zumindest sicheren Verfahren Hydrobergbau.

Angemerkt sei abschließend noch, dass selbst 1980 keineswegs Einigkeit darüber herrschte, ob es sich beim Hydrobergbau tatsächlich um eine fehlgeschlagene Innovation handelte oder nicht. Innerhalb und außerhalb der Ruhrkohle AG gab es durchaus Stimmen, die das Hydroverfahren an sich nach wie vor befürworteten. Das Scheitern auf Hansa wurde ausschließlich auf die ungünstigen Rahmenbedingungen, den zu frühzeitigen Abbruch des Vorhabens und auf das letztlich doch eben innovationsfeindliche sog. „Clausthale Denken“ innerhalb der RAG-Führung zurückgeführt. Tatsächlich könnte man darüber spekulieren, was aus dem Hydrobergbau wohl geworden wäre, wenn die Technologie zufälligerweise erstmals auf einer Schachanlage mit besonders günstigen Rahmenbedingungen im Betriebsmaßstab eingesetzt worden wäre. Auch nach Beendigung des Vorhabens Hydrogrube Hansa können jedenfalls unstrittige Aussagen über die Eigenschaften der Technik nicht formuliert werden, der Hydrobergbau entzieht sich bis heute einem klaren Urteil.

## Lastrohrflöß

Beim Lastrohrflöß handelt es sich um ein heute völlig vergessenes, in der Zwischenkriegszeit aber revolutionäres Binnenschiffs-Transportsystem, das auf den ebenfalls weitgehend vergessenen Schiffbau-Ingenieur Eberhard Westphal zurückging (Wessel 1989; Schinkel 2000). Der Grundgedanke des neuen Systems war zweifellos bestechend: Genormte Laströhren konnten zu nahezu beliebig langen und mehrere Einheiten breiten flößartigen Schlangen zusammengesetzt werden. Mit Hilfe einer motorisierten Schubeinheit hinten und einer ebensolchen Zugeinheit vorn ließ sich diese Transportschlange dann über die Wasserstraßen bugsieren. Die einzelnen Laströhren waren dabei nicht nur frei kombinierbar, Spezialkräne konnten sie auch komplett aus dem Wasser heben, entladen oder auf andere Verkehrsträger umsetzen. Das Lastrohrflöß nahm also Ei-

genschaften der späteren Schubschiffeinheiten vorweg und versprach darüber hinaus eine Flexibilität, wie sie erst der Containerverkehr wieder erreichte.

Unter dem Eindruck der zeittypischen Rationalisierungsbewegung arbeitete Westphal bereits seit den 1920er Jahren an möglichst einfachen Lösungen zur Effektivitätssteigerung des Binnenschiff-Transports. Seine große Stunde schien jedoch in der zweiten Hälfte der 1930er Jahren gekommen: Im nationalsozialistischen Deutschland entwickelte sich unter dem Einfluss der forcierten Aufrüstung und dann des beginnenden Krieges der Binnenschiffs-Transport zu einem Engpassbereich. Unter diesen Bedingungen wurde Westphals Projekt als „Rüstungswirtschaftlich dringende Entwicklungsarbeit“ eingestuft und schließlich ab 1940 tatsächlich realisiert.

Trotz seiner unbestreitbaren Vorteile setzte sich das neue Transportsystem jedoch auch nach eingehender Erprobung nicht durch. Schuld daran war einerseits der vehemente Widerstand der deutschen Binnenschiffahrts-Organisationen und vor allem des staatlichen Reichsschleppdienstes, die Einnahme- und Einflussverluste befürchteten. Sie hatten schon in den 1930er Jahren begonnen, Westphals Projekt zu torpedieren und zeigten damit ein für potentielle „Opfer“ neuer Technologien durchaus typisches Verhalten.

Entscheidender war aber noch, dass nicht alle Komponenten der „Systemerfindung Lastrohrfloß“ rechtzeitig fertig geworden waren: Die für das schnelle löschen, laden oder umsetzen der Laströhren erforderlichen Spezialkräne standen bei Aufnahme der Versuchsfahrten noch nicht bereit. Damit fehlte eine wesentliche Komponente des neuen Transportsystems, das also sein volles Rationalisierungspotential nicht annähernd hat entfalten können. Nach Ende der Erprobung verschwand das Lastrohrfloß trotz seiner Vorteile dauerhaft in der Versenkung, erlebte auch nach Ende des Krieges keine Renaissance. Neben dem anhaltenden Widerstand der erwähnten Gegner war es vor allem der erforderliche enorme Anpassungsaufwand für den Hafenbetrieb, der den Siegeszug des Lastrohrfloßes verhinderte. Ein umfassender Erfolg wäre nur bei Ausstattung zumindest der größeren Hafenanlagen mit den notwendigen Spezialkränen vorstellbar gewesen. Das aber verlangte Vorlaufinvestitionen, die damals niemand zu leisten bereit war.

## Mikrowellenherde

Das Beispiel des Mikrowellenherdes vermag eindrücklich zu belegen, dass nicht jede gescheiterte Innovation auf ewig von der Bildfläche verschwinden muss. Die Mikrowelle ist heute eine kommerziell erfolgreiche Technologie, aber sie war es nicht immer. Der erste Versuch, Mikrowellenherde auf den Markt zu bringen, schlug Ende der 1940er, Anfang der 1950er Jahre gründlich fehl. Kaum jemand konnte sich damals für einen Apparat begeistern, der in mysteriöser Weise Essen mit Hilfe eines elektromagnetischen Feldes erhitze (Gooday 1998: 270; Hardymant 1988: 134, 195; Bauer 2003: 205).

Zunächst einige Bemerkungen zur Funktion von Mikrowellenöfen: Im Kern besteht ein Mikrowellenherd genau wie ein Radargerät aus einem pulsierenden Mikrowellensender, dem sogenannten Magnetron. Mit Hilfe dieser Magnetron-Röhre können Mikrowellen gleichsam in ein Metallgehäuse „gesendet“ werden, wo ein elektromagnetisches Feld hoher Dichte entsteht. Dessen Energie reicht aus, um die Flüssigkeit in Speisen rasch zu erwärmen.

Beim Mikrowellenherd handelt es sich um eine zivile Technologie, die unmittelbar als *spin-off* aus der Rüstungsforschung hervor ging. Die US-amerikanische Rüstungsfirma Raytheon arbeitete in den 1940er Jahren intensiv an der Verbesserung der Herstellungsmethoden für Magnetron-Röhren. Einer häufig kolportierten Anekdote nach, wurde das Prinzip des Mikrowellenherdes per Zufall entdeckt, als einem Ingenieur von Raytheon 1945 beim Herumschrauben an einem Radargerät ein Schokoriegel in der Hosentasche schmolz. Percy Spencer, so hieß der Ingenieur, erkannte daraufhin den Zusammenhang zwischen Radarwellen und Erwärmung. Im Auftrag der Firma Raytheon, die nach Ende des Zweiten Weltkriegs nach neuen Geschäftsfeldern suchte, begann er sich nun systematisch mit der Idee des Mikrowellenherdes zu beschäftigen und bereits zwei Jahre später, 1947, konnte der erste entsprechende Ofen auf den Markt gebracht werden.

Ein kommerzieller Erfolg freilich war diese erste Mikrowelle nicht: Der mit 2000 US-Dollar vergleichsweise teure, kühlschrankgroße Apparat konnte nur an wenige Großküchen verkauft werden, der Einzug in die Privathaushalte gelang ihm nicht. Dass die Firma Raytheon ihrem Mammutherd den wenig kühlen- und familientauglichen Namen *Radarrange* gab, trug nicht eben zur Marktgängigkeit des neuen Produktes bei; zu deutlich war dem Gerät seine militärische Herkunft noch anzumerken. Die Produktion des ersten Mikrowellenherdes, der Anfang der 1950er Jahre auch in der Bundesrepublik angeboten wurde, musste jedenfalls nach einigen Jahren wieder eingestellt werden. Mitte der 1950er Jahre handelte es sich somit bei der Mikrowelle um eine eindeutig gescheiterte Innovation.

Es bedurfte eines zweiten Anlaufs, um den neuen Herd zum Erfolg werden zu lassen. Seit den 1960er Jahren bemühten sich vor allem japanische Unternehmen um eine Verkleinerung und Verbilligung der Mikrowelle. Sie schufen damit die Voraussetzungen für den späteren Erfolg der Geräte, die ihren eigentlichen Siegeszug – nun mit deutlich zivilerem Image – seit den 1980er Jahren antraten. Allerdings musste sich für den Erfolg der Mikrowelle auch die Welt verändern: Der kommerzielle Durchbruch gelang der Mikrowelle erst in einer neuen Gesellschaft mit vielen Singlehaushalten und weiblichen Erwerbstätigen mit Kindern oder auch ohne solche, so wie es dies in den 1940er und 50er Jahren noch kaum gegeben hatte. Jetzt bestand zunehmend Bedarf nach einer Rationalisierung des Kochens bzw. einer zeitlichen Entkoppelung von Zubereitung und Verzehr von Mahlzeiten. Darüber hinaus beruhte diese Entwick-



lung auf Faktoren wie gezieltem Marketing, dem Aufbau eines breiten Angebots mikrowelleneigneter Fertiggerichte sowie steigenden Masseneinkommen. Die Technik harmonierte jetzt mit ihrem sozialen und ökonomischen Nutzungsumfeld.

Schließlich sei noch erwähnt, dass sich die Mikrowelle zwar in den USA, in Deutschland oder Großbritannien sehr gut verkauft, in Ländern mit anspruchsvollerer Esskultur wie Frankreich oder Italien aber nach wie vor Akzeptanzprobleme hat. Ganz offenbar muss also bei der Frage nach Erfolg oder Misserfolg einer neuen Technologie auch das jeweils spezifische kulturelle Umfeld in den Blick genommen werden.

Das Beispiel Mikrowelle vermag nochmals zu verdeutlichen, dass Aussagen über das Scheitern einer Innovation tatsächlich Aussagen mit „begrenzter Reichweite“ sind: Scheitern kann stets nur für einen bestimmten Zeitraum und einen bestimmten geographischen bzw. kulturellen Raum eindeutig diagnostiziert werden. Eine einmal gescheiterte Technologie kann durchaus zu einem späteren Zeitpunkt oder in einem anderen Nutzungsumfeld sehr erfolgreich werden.

### **Pkw-Stirlingmotor**

Bisher sind alle Versuche gescheitert, Stirling-Motoren als Antrieb in Automobilen einzusetzen (Bauer 2006: 194ff). Es handelt sich dabei um Verbrennungskraftmaschinen, bei denen ein gasförmiges Arbeitsmedium periodisch erhitzt und wieder abgekühlt wird. Die damit einhergehende Druckänderung kann über Kolben in mechanische Arbeit umgesetzt werden. Anders als beim Otto- oder Dieselmotor wird die erforderliche Prozesswärme durch eine kontinuierliche äußere Verbrennung erzeugt. Stirling-Motoren können daher leise und sehr emissionsarm arbeiten.

Im Jahr 1989 präsentierte die Firma Mechanical Technology Incorporated (MTI) in den USA einen serienreifen Pkw-Stirling-Motor, dessen Schadstoffemissionen die geltenden Grenzwerte bei weitem unterboten. Beim Verbrauch schlug der Pkw-Stirling konventionelle Otto-Motoren zwar um etwa ein Drittel, nicht aber hochentwickelte Dieselmotoren. Hinzu kam, dass die geltenden Abgasgrenzwerte auch mit der etablierten Technik immer noch problemlos eingehalten werden konnten. Der Umstand, dass diese Werte vom Stirling-Motor bei weitem unterboten wurden, bedeutete keinen substantiellen Vorteil. Die Automobilkonzerne zeigten somit wenig Interesse an einer Maschine, deren risikobehaftete Serieneinführung gewaltige Investitionen verursacht und zudem die Aufgabe des seit Jahrzehnten bewährten Motorenkonzepts verlangt hätte. Die geringe Verbrauchseinsparung gegenüber dem Dieselmotor rechtfertigte einen solchen Schritt ebenso wenig wie das wesentlich bessere Emissionsverhalten. Der Pkw-Stirling ist ein gutes Beispiel dafür, dass auch ein technisch gelungenes Produkt nicht zwangsläufig Zugang zum Markt erhält.

Geht man der Frage nach den Gründen für das Scheitern des Pkw-Stirling weiter nach, so stößt man allerdings noch auf andere Hintergründe. Bis in die 1960er Jahre hinein vertraten die Firmen, die sich mit der Entwicklung von Stirling-Motoren beschäftigten, eine einhellige Meinung. Sie hielten es für aussichtslos, Stirling-Motoren für Anwendungsbereiche zu entwickeln, in denen diese unmittelbar mit konventionellen Otto- oder Dieselmotoren würden konkurrieren müssen. Es bestanden im Grunde kaum Zweifel daran, dass die vergleichsweise junge Stirling-Technologie der direkten Konkurrenz durch die ausgereiften, hochentwickelten und in großen Stückzahlen produzierten konventionellen Motoren nicht gewachsen sein würde. Stirling-Motoren stellen hohe Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe und sind vom Aufbau her vergleichsweise kompliziert. Sie verursachen daher selbst bei Massenfäbrikation deutlich höhere Produktionskosten als konventionelle Motoren. Ihr Einsatz schien nur dort gerechtfertigt, wo Otto- und Dieselmotoren nicht einsetzbar sind bzw. die spezifischen Eigenschaften des Stirling-Motors erhebliche Vorteile bringen.

Erst unter dem Eindruck der in den 1960er Jahren mit einiger Vehemenz einsetzenden Debatte um die Umweltbelastung durch den zunehmenden Straßenverkehr begann diese Einschätzung hier und da zu bröckeln. In Reaktion auf die Umweltdebatte und vor allem in Reaktion auf die schon erwähnte erste Ölpreiskrise ab Ende 1973 legte die US-Regierung schließlich Förderprogramme zur Entwicklung schadstoffärmerer und verbrauchsgünstigerer Kfz-Motoren auf. Das brachte den Durchbruch: Vor dem Hintergrund der veränderten Rahmenbedingungen und der staatlichen Förderung schien einerseits das Risiko der Stirling-Entwicklung kalkulierbar, andererseits schienen die Marktchancen des neuen Antriebs deutlich verbessert.

Die staatlich subventionierten Innovationsanstrengungen brachten aber, wie bereits festgestellt, nicht das gewünschte Ergebnis. Unter dem Einfluss der veränderten Rahmenbedingungen waren auch die konventionellen Motoren weiterentwickelt worden. Mit Hilfe der katalytischen Abgas-Nachbehandlung konnten inzwischen selbst Ottomotoren strengere Grenzwerte einhalten. Eine neue Generation von Dieselmotoren zeigte zudem einen vorher unerreicht günstigen Verbrauch. Als der Pkw-Stirling einsatzbereit war, gab es mithin keinen Grund mehr, die bisherigen Motorenkonzepte aufzugeben. Letztlich bestätigte sich die ursprüngliche Einschätzung, dass der Stirling-Motor der direkten Konkurrenz durch konventionelle Verbrennungsmotoren nicht gewachsen war. Am Rande sei hier erwähnt, dass die Verbrauchsoptimierung und katalytische Schadstoffreduzierung bei den konventionellen Motoren auch anderen Alternativen den Garaus machten, die unter dem Eindruck von Umwelt- und Ölkrise in Angriff genommen worden waren: zu nennen sind etwa die Automobil-Gasturbine, der Schichtladungs- oder auch der Magermotor.

Nachzutragen bleibt, dass Stirling-Motoren in bestimmten Spezial-Einsatzbereichen inzwischen durchaus auch kommerziell erfolgreich sind bzw. es in

naher Zukunft werden könnten. Insbesondere ist hier die Kraft-Wärme-Kopplung bei der Solarenergie- oder auch bei der Erdwärmennutzung zu nennen, oder – ein gänzlich anderer Bereich – der „Sonderschiffbau“, d.h. insbesondere der Bau von U-Boot-Antrieben. Ähnlich wie das Beispiel der Mikrowelle verdeutlicht die Stirling-Geschichte die Relativität der Kategorie „Scheitern“.

## Eine Typologie des Scheiterns

Der recht knappe Einstieg in die Welt der innovatorischen „Flops“ könnte im Grunde beliebig fortgesetzt werden. In Anlehnung an Bernard Réal kann man feststellen: „Der Friedhof gescheiterter Innovationen ist zum Bersten voll“ (Réal 1990: 26). Dennoch hat die Geschichte des Scheiterns bislang wenig Interesse hervorgerufen. Das hängt sicherlich damit zusammen, dass Innovationen immer noch automatisch mit Erfolg gleichgesetzt werden. Unter dem Einfluss dieses Denkens droht aber die Forderung nach steigender Innovationsfähigkeit zur Leerformel zu verkommen. Die tatsächlichen Bedingungen für innovatives Handeln, die stets vorhandenen Risiken des Scheiterns, geraten aus dem Blick. Der zweite, weit trivialere Grund für die unzureichende Aufmerksamkeit, die gescheiterten Innovationen bisher geschenkt wurde, ist rein praktischer Natur: Unternehmen haben wenig Interesse daran, ihre Archive für die Untersuchung von Fehlschlägen zu öffnen.

Der bisherige Überblick sollte verdeutlicht haben, dass Scheitern in der Regel nicht monokausal zu erklären ist, Innovationsversuche scheitern vielmehr an ganzen Problembündeln. Innerhalb dieser Vielfalt sind aber gewisse Regelmäßigkeiten, sich wiederholende Muster oder Abläufe zu erkennen.

Unternimmt man den Versuch, die für das Scheitern verantwortlichen Ursachenbündel zu entflechten und die erkennbaren „Ursachenstränge“ verschiedenen Kategorien zuzuordnen, so zeigen sich fünf signifikante Schwerpunkte (Bauer 2006: 33ff, 289ff). Bestimmte Probleme tauchen z.T. erwartungsgemäß, z.T. eher unerwartet in jeweils abgewandelter Form häufig wieder auf.

*Typ 1: Innovationsversuche, die an technischen Problemen scheitern.* Nicht eben erstaunlich ist wohl die Feststellung, dass in einem engeren Sinne technische Probleme für das Scheitern einer Reihe von Innovationsversuchen mitverantwortlich sein können. Die Neuerungen zeigen nicht die von den Entwicklern oder Nutzern erwarteten bzw. gewünschten Eigenschaften, was zu einer Einstellung bzw. eben zum Scheitern des Innovationsvorhabens führt. Unter den hier vorgestellten Beispielen spielten technische Probleme vor allem im Fall des Hydrobergbaus eine entscheidende Rolle. Gerade dieses Beispiel zeigt aber auch, dass es durchaus keine triviale Frage ist, wie sich denn im laufenden Innovationsprozess verlässliche Aussagen über die zukünftigen Eigenschaften einer neuen Technologie generieren lassen. Die üblichen Versuche

bzw. Tests liefern jedenfalls mit hoher Regelmäßigkeit fehlerhafte bzw. fehlerhaft interpretierte Ergebnisse.

*Typ 2: Innovationsversuche, die aufgrund der spezifischen Konkurrenzsituation scheitern.* Weitgehend erwartungskonform dürfte auch die Feststellung sein, dass die jeweilige Konkurrenzsituation von maßgeblicher Bedeutung für Erfolg oder Scheitern einer Neuerung ist. Viele Innovationsversuche scheitern aufgrund „überlegener“ Konkurrenz, sei es, dass diese bereits erfolgreich am Markt präsent ist, dass alte Techniken in Reaktion auf die neue Herausforderung weiterentwickelt werden oder dass andere neue Techniken den erhofften Erfolg vereiteln. Alles andere als trivial ist es herauszufinden, worin denn eigentlich die „Überlegenheit“ der konkurrierenden Technik besteht. „Harte Faktoren“ wie bessere technische Leistungsdaten, niedrigere Anschaffungs- oder Nutzungskosten spielen hier natürlich eine wichtige Rolle. Nicht minder entscheidend können allerdings Faktoren wie größere Marktmacht der Konkurrenz, besseres Image, gelungenere oder aufwendigere Werbung und PR-Arbeit, bessere Kundenbetreuung oder generell höhere Konformität mit dem gegebenen Nutzungsumfeld sein. Lässt man die vorgestellten Beispiele Revue passieren, so spielte der Faktor „überlegene Konkurrenz“ letztlich bei allen eine gewisse Rolle. Beim Lastrohrflöß bezieht sich die „Überlegenheit“ der Konkurrenz dabei vor allem auf den politischen und wirtschaftspolitischen Einfluss der etablierten Konkurrenten.

*Typ 3: Innovationsversuche, die aufgrund einer Fehleinschätzung der potentiellen Nutzer scheitern.* Erfolgsaussichten von Innovationen hängen im übrigen entscheidend davon ab, wie sich die Verbindung zwischen Innovatoren und Nutzern gestaltet. Innovationsversuche können an einer Fehleinschätzung der Nachfrage bzw. an fehlender Akzeptanz auf Seiten der potentiellen Nutzer scheitern. Gerade bei langwierigen Entwicklungsvorhaben ereignet es sich, dass das Nutzungsumfeld, für das die Innovation ursprünglich gedacht war, sich bis zum tatsächlichen Markteintritt erheblich verändert. Modifikationen des Innovationsvorhabens erschweren die Forschungs- und Entwicklungsarbeit, zudem besteht bei den Entwicklern häufig eine gewisse „Betriebsblindheit“, die Anpassungen des Projekts an sich verändernde Rahmenbedingungen verhindern – dies war sicherlich bei der Mikrowelle der Fall. Für den Pkw-Stirlingmotor gilt diese Feststellung dann, wenn die Automobilkonzerne als potentielle Abnehmer, in diesem Sinne also als Nutzer der neuen Technologie definiert werden.

*Typ 4: Innovationsversuche, die aufgrund eines zu hohen „Neuheitsgrades“ scheitern.* Auch ein großer „Neuheitsgrad“ oder die „Radikalität“ von Innovationen können dazu führen, dass diese übermäßig hohe Anpassungsleistungen erforderlich machen. Bei zu hohem „Neuheitsgrad“ passt die neue Technologie ggf. nicht in die herrschende „Produktions-, „Produkt-, oder „Verwen-

dungskultur“, d.h. ihre Herstellung, Verbreitung oder Nutzung erfordert zu aufwendige technische, mentale oder auch soziale Veränderungen; die Anpassungskosten, ob im wörtlichen oder übertragenen Sinne, sind zu hoch. Am augenfälligsten zeigt sich dieses Problem sicher beim Lastrohrfloßes, trifft bedingt aber auch auf die anderen Beispiele zu.

*Typ 5: Innovationsversuche, die aufgrund eines instabilen Entwicklungsumfeldes scheitern.* Um bis zur Markteinführung und auch über diese hinaus erfolgreich umgesetzt werden zu können, sind Innovationsversuche auf ein in mehrfacher Hinsicht stabiles Umfeld, einen zuverlässigen „Entwicklungsraum“ angewiesen. Diese Anforderung bezieht sich auf die Zusammensetzung des „Kernpersonals“, auf die grundsätzlichen Entwicklungsziele, auf das Entwicklungsbudget sowie auf das beteiligte Entwicklungsnetzwerk (z.B. Auftraggeber, entwickelnde Firmen oder Abteilungen, ggf. beteiligte staatliche Stellen usw.). Eine schwankende oder sprunghafte staatliche Innovations- bzw. Interventionspolitik, heftige Konkurrenz zwischen verschiedenen Projekten innerhalb des Entwicklungsnetzwerks, Misstrauen zwischen Firmenleitungen und Entwicklungsabteilungen oder auch Rivalität zwischen verschiedenen Abteilungen können den „Entwicklungsraum“ destabilisieren. Generell entstehen entsprechende Probleme besonders häufig bei aufwändigen Innovationsprojekten, insbesondere bei solchen mit staatlicher Förderung.

Wie erwähnt und ersichtlich kommen die eben zusammengestellten Idealtypen für innovatorisches Scheitern fast niemals in Reinform vor. Zudem existieren Überschneidungen zwischen den Typen selbst, etwa wenn sich aus einer Fehleinschätzung von Nutzererwartungen eine unzureichende Konkurrenzfähigkeit ergibt. Zielkonflikte können schließlich zu Widersprüche zwischen einzelnen Forderungen führen, etwa der nach Anpassung der Projekte an sich verändernde Rahmenbedingungen und der nach einem möglichst stabilen „Entwicklungsraum“. Trotz ihrer inneren Widersprüche kann die vorgestellte Typisierung aber die Hintergründe des Scheiterns deutlicher machen. Sie lässt Gemeinsamkeiten erkennen, die bei einer rein summarischen Zusammenstellung von Ergebnisse unsichtbar bleiben würden.

Die Untersuchung gescheiterter Innovationen eröffnet eine neue Perspektive auf den Prozess des technischen Wandels. Die Entwicklung neuer Technologien beruht immer auf Handeln unter Informationsmangel und unter unklaren Bedingungen. Unsicherheiten sind angesichts dessen „endemisch“, das Risiko des Scheiterns ist also immer gegeben und findet in der Realität sehr viel häufiger statt als die erfolgreiche Durchsetzung von Innovationen.

Nimmt man überwiegend erfolgreiche Entwicklungen in den Blick, so entsteht ganz zwangsläufig ein verzerrtes Bild des Wandlungsprozesses. Er stellt sich dann als stetige Fortentwicklung vom Schlechteren zum Besseren dar, die ohne Umwege auf die heutige Welt als ihrem präzisen Zielpunkt ausgerichtet

war. Der Eindruck entsteht, technische Entwicklung sei einem geraden, rationalen Pfad aus der Vergangenheit in die Gegenwart gefolgt. Tatsächlich hat es aber diesen unterstellten geraden Entwicklungsweg nicht gegeben. Die Vorstellung, vermeintlich objektive technikwissenschaftliche Kriterien, ökonomische Rationalität oder die „Weisheit des Marktes“ würden im Sinne einer „darwinistischen Selektion“ garantieren, dass sich stets die jeweils „beste“ Technik durchsetzt, muss als reiner Mythos zurückgewiesen werden (Bijker/Law 1992; Gooday 1998: 268ff; Braun 1992: 213f).

## Literatur

- Bauer, Reinhold (2003): Top oder Flop: Geschichten vom Scheitern, in: *Ausgezeichnete Innovatoren im deutschen Mittelstand*, Frankfurt/M., Wien, 202-206.
- Bauer, Reinhold (2004): „Endkontrolle“ durch den Nutzer – Entwicklung und Scheitern des Hydrobergbaus in der Bundesrepublik Deutschland, in: Bluma, Lars; Pichol, Karl; Weber, Wolfhard (Hrsg.): *Technikvermittlung und Technikpopularisierung. Historische und didaktische Perspektiven*, Münster, 73-85.
- Bauer, Reinhold (2006): *Gescheiterte Innovationen. Fehlschläge und technologischer Wandel*, Frankfurt/Main, New York.
- Bijker, Wiebe E.; Law, John (1992): General Introduction, in: Dies. (Hg.): *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge (MA), London, 1-16.
- Braun, Hans-Joachim (1992): Introduction. Symposium on „Failed Innovations“, in: Ders. (Hg.): *Symposium on „Failed Innovations“*, *Social Studies of Science*, Vol. 22, 213-230.
- Cramm, Tilo (1997): *Hansa/Westhausen. Dortmunder Bergwerke 1854-1980*, Essen.
- Fox, Robert (Hg.) (1996): *Technological Change. Methods and Themes in the History of Technology*, Amsterdam.
- Freemann, Christopher (1982): *The Economics of Industrial Innovation*, London.
- Gooday, Graeme (1998): Re-Writing the „Book of Blots“: Critical Reflections on Histories of Technological „Failure“, in: *History and Technology*, Vol. 14, 265-292.
- Hardymant, Christina (1988): *From Mangle to Microwave. The Mechanization of Household Work*, Cambridge (MA).
- Réal, Bernard (1990), *La puce et le chômage. Essai sur la relation entre le progrès technique, la croissance et l'emploi*, Paris.
- Robertson, Andrew (1969): *The Management of Industrial Innovation. Some Notes on the Success and Failure of Innovation*, London.
- Schinkel, Eckhard (2000): „Ungewöhnliche Probleme mit revolutionären Mitteln lösen“. E. Westphals „Lastrohrfloß“ für den Massengut-Transport zwischen den „Hermann Göring Werken“ und dem Ruhrgebiet, in: *War die Zukunft früher besser? Visionen für das Ruhrgebiet*, Bottrop, Essen, 209-227.
- Wessel, Horst A. (1989): Das Lastrohrfloß: die Wurzel der Schub- und Containerschifffahrt, in: *Deutsches Schifffahrtsarchiv*, Bd. 12, 23-64.